

Наукові і технологічні основи управління структурою та властивостями ливарних багатокомпонентних сплавів системи Al-Mg.

Научные и технологические основы управления структурой и свойствами литейных многокомпонентных сплавов системы Al-Mg.

Scientific and technological government a structure and properties of castings multicomponent alloys of the system of Al-Mg bases.

1. Номер державної реєстрації - 0109U000660

2. Науковий керівник - Доній Олександр Миколайович, к.т.н, с.н.с., Доний Александр Николаевич, Doniy Oleksandr M.

3. Суть розробки, основні результати.
(укр.)

На основі проведених аналітичних та експериментальних досліджень встановлено взаємозв'язок між хімічним, фазовим та структурним складом, технологічними параметрами обробки та рівнем властивостей ливарних багатокомпонентних сплавів системи Al-Mg. Показано, що: для промислових магналіїв важливим фактором для додаткового підвищення та стабілізації рівня їх механічних властивостей є оптимізація температурно-часових параметрів обробки розплаву; впливаючи на параметри кристалізації ливарних сплавів системи Al-Mg можна цілеспрямовано керувати процесом їх структуроутворення та рівнем механічних властивостей; перемішування розплаву двофазній зоні викликає ефект механічного модифікування металу, який проявляється в зменшенні розміру зерна, дендритної комірки та товщини включень β -фази (Al_3Mg_2); підвищення вмісту Si в даному сплаві є додатковим резервом для підвищення рівня його технологічних властивостей. Розроблено математичну модель кристалізації металів та сплавів яка, на основі даних термічного аналізу, дозволяє розраховувати величини параметрів кристалізації досліджуваних сплавів та оцінювати вплив зовнішніх факторів на процес кристалізації металевого розплаву. Вперше встановлено кількісний взаємозв'язок між зміною параметрів кристалізації і розміром зерна алюмінієвого твердого розчину промислових магналіїв. Розроблено схему експрес-аналізу якості розплаву, що дозволяє прогнозувати структуру та механічні властивості досліджуваних сплавів ще в процесі їх виготовлення. Побудовано математичні моделі залежності рівня механічних властивостей сплаву AMg6л після лиття в кокіль та після термічної обробки від вмісту в ньому Mg, Si, Ti, Zr. Методом багатокритеріальної оптимізації встановлено оптимальне співвідношення вмісту цих елементів. Встановлено оптимальний вміст даної лігатури для промислових сплавів AMg6л та AMg10 при якому зменшується середній розмір зерна алюмінієвого твердого розчину на 45–50 %, значення тимчасового опору розриву підвищується на 16–38 %, а значення відносного видовження підвищуються на 38–50 %. Підвищуються технологічні властивості і знижується схильність сплавів до утворення гарячих тріщин.

(рос.)

На основе проведенных аналитических и экспериментальных исследований установлена взаимосвязь между химическим, фазовым и структурным составом, технологическими параметрами обработки и уровнем свойств литейных многокомпонентных сплавов системы Al - Mg. Показано, что: для промышленного магналия важным фактором для дополнительного повышения и стабилизации уровня их механических свойств есть оптимизация температурно-часовых параметров обработки расплава; влияя на параметры кристаллизации литейных сплавов системы Al - Mg можно целенаправленно руководить процессом их структурообразования и уровнем механических свойств; перемешивание расплава двухфазной зоне вызывает эффект механического модифицирования металла, который проявляется в уменьшении размера зерна, дендритной ячейки и толщины включений β -фазы (Al_3Mg_2); повышение содержания Si в данном сплаве является дополнительным резервом для повышения уровня его технологических свойств. Разработана математическая модель кристаллизации металлов и сплавов которая, на основе данных

термического анализа, позволяет рассчитывать величины параметров кристаллизации исследуемых сплавов и оценивать влияние внешних факторов на процесс кристаллизации металлического расплава. Впервые установлена количественная взаимосвязь между изменением параметров кристаллизации и размером зерна алюминиевого твердого раствора промышленного магния. Разработана схема экспрес-анализа качества расплава, что позволяет прогнозировать структуру и механические свойства исследуемых сплавов еще в процессе их изготовления. Построены математические модели зависимости уровня механических свойств сплава АМгбл после литья в кокиль и после термической обработки от содержания в нем Mg, Si, Ti, Zr. Методом многокритериальной оптимизации установлено оптимальное соотношение содержания этих элементов. Установлено оптимальное содержание данной легатуры для промышленных сплавов АМгбл и АМг10 при котором уменьшается средний размер зерна алюминиевого твердого раствора на 45-50 %, значение временного сопротивления разрыва повышается на 16-38 %, а значения относительного удлинения повышаются на 38-50 %. Повышаются технологические свойства и снижается склонность сплавов к образованию горячих трещин.

(англ.)

On the basis of undertaken analytical and experimental studies intercommunication is set between chemical, phase and structural composition, technological parameters of treatment and level of properties of casting multicomponent alloys of the system Al - Mg. It is shown that: for industrial magnaliums by an important factor for an additional increase and stabilizing of level them mechanical properties there is optimization of temperature-sentinel parameters of treatment of fusion; influencing on the parameters of crystallization of casting alloys of the system Al - Mg can purposefully manage the process of their gelation and level of mechanical properties; interfusion of fusion to the diphasic zone causes the effect of the mechanical retrofitting of metal, that shows up in reduction to the size of grain, dendritic cell and thickness of including β -phase of (Al_3Mg_2); an increase of content of Si in this alloy is additional reserve for the increase of level of him technological properties. The mathematical model of crystallization of metals and alloys is worked out that, on the basis of data of thermoanalysis, allows to expect sizes of parameters of crystallization of the investigated alloys and to estimate influence of external factors on the process of crystallization of metallic fusion. Quantitative intercommunication is first set between the change of parameters of crystallization and size of grain of aluminium solid solution of industrial magnaliums. The chart of экспрес-анализа of quality of fusion is worked out, that allows to forecast a structure and mechanical properties of the investigated alloys yet in the process of their making. The mathematical models of dependence of level of mechanical properties of alloy of АМгбл are built after casting in кокиль and after heat treatment from content in him Mg, Si, Ti, Zr. The method of multicriterion optimization is set optimal correlation of content of these elements. Optimal content of this ligature is set for the industrial alloys of АМгбл and АМг10 at that the middle size of grain of aluminium solid solution diminishes on a 45-50 %, value of temporal resistance of break rises on 16-38 %, and the values of the relative lengthening rise on 38-50 %. technological properties Rise and propensity of alloys goes down to the firecracking.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності

Подано 2 заявки на патент України:

1. Кулініч А.А., Поляков І.А., Котляр С.М., Горелкін Д.М. Ливарний сплав системи Al-Mg. Номер заявки U201112205.
2. Кулініч А.А., Доній О.М., Котляр С.М., Горелкін Д.М. Ливарний сплав системи Al-Mg. Номер заявки U201112206.

5. Порівняння зі світовими аналогами:

Науково технічний рівень виконаної роботи **відповідає світовому рівню**, тому що проблема підвищення якості ливарних сплавів системи Al-Mg на принципах комплексного підходу до процесу управління структурою і властивостями відповідає найбільш сучасним інноваційним технологіям формування якості металовиробів прийнятим у світі.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Практична реалізація результатів роботи можлива в стратегічних галузях промисловості таких як судно- та авіабудуванні, наприклад на ВАТ «Артемаш», ДП «ЛК-Металургія»

8. Стан готовності розробки.

9. Існуючі результати впровадження:

Проведено промислові випробування сплаву АМгбл:

- мікролегованого вуглецем, який використовується після лиття в кокіль;
- мікролегованого вуглецем, який використовується після лиття в кокіль, після лиття в кокіль та наступної термічної обробки;
- з підвищеним вмістом домішок кремнію, який використовується після лиття в кокіль;
- з підвищеним вмістом домішок кремнію, який використовується після лиття в кокіль та термічної обробки.

10. Назва організації, телефон, e-mail. НТУУ «КПІ», інженерно-фізичний факультет, кафедра металознавства і термічної обробки. тел. (044) 454-92-55. e-mail: dosha@iff-kpi.kiev.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання:

Статті:

у міжнародних журналах:

1. Доній О.М. Система контролю і управління якістю ливарних розплавів на основі комп'ютерного термічного аналізу // Special number “Strategy of Quality in Industry and Education”, June 3-10 2011. - Varna, Bulgaria. - Acta Universitatis Pontica Euxinus. – Том III. – 2011. - С. 84 – 87.

у вітчизняних журналах:

1. В.П. Гаврилюк, А.А. Кулініч, О.О. Рябініна. Структура та механічні властивості сплаву системи Al – Mg –Zn, мікролегованого марганцем//Металознавство та обробка металів. – 2009. – № 2. – С. 16 – 19. **(фаховий)**
2. А.А. Кулініч. Особливості впливу заліза і кремнію на формування фазового складу і структури та механічні властивості ливарних сплавів системи Al-Mg-Zn // Науко в Вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – № 3. – С. 30 – 35. **(фаховий)**
3. Доній О.М., Котляр С.М., Фесенко М.А. Вплив бору на процес кристалізації, структуру і властивості високоміцного ливарного алюмінієвого сплаву А4М4,5Кд// Вісник донбаської державної машинобудівної академії. Збірник наукових праць. - №3 (20)-2010. – с.77 – 80. **(фаховий)**
4. Доній О.М. Математичні моделі для розрахунків параметрів кристалізації та попередньої фільтрації кривої охолодження при комп'ютерному термічному аналізі// Вісник СевНТУ. Вип. 110: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр./Редкол.: О.І. Бохонський (відп. ред.) та ін.; Севастоп. нац. техн. ун-т. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010. – с. 193-197. **(фаховий)**
5. Доній О.М. Теоретичне визначення критичного розміру зародка при гомогенній кристалізації з використанням сінергетики// Металознавство та обробка металів. - №3 (55). – 2010. – с. 17 – 20. **(фаховий)**
6. Кулініч А. А., Гаврилюк В. П., Рябініна О. О. Структура і фізико-механічні властивості сплаву системи Al-Mg, мікролегованого кремнієм// Металознавство та обробка металів. - 2010. - №1. - С. 8 - 11. **(фаховий)**
7. Гаврилюк В. П., Кулинич А. А., Рябинина Е. А. Влияние кремния на структуру и механические свойства сплава АМгбл после лиття в кокиль// Процессы литья. - 2010. - № 3. - С. 58 - 63. **(фаховий)**
8. Кулініч А.А. Вплив титану і цирконію на механічні властивості сплаву АМгбл після лиття в кокіль // Вісник СевНТУ. Вип. 110: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук.

пр./Редкол.: О.І.Бохонський (відп. ред.) та ін.; Севастоп. нац. техн. ун-т. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010. – с. 202-203. **(фаховий)**

9. Doniy O., Morozova A. The assessment of modification degree of aluminium casting alloys with the usage of computer thermo analysis // Міжнародна науково-технічна конференція “Матеріали для роботи в екстремальних умовах – 3”. – Київ. - 2010. – С. 214 - 216.
10. Доній А.Н., Горелкин Д.Н., Котляр С.Н. Исследование влияния распределения ферромагнитных частичек в объеме жидкого расплава на свойства литого композиционного алюминиевого сплава // Міжнародна науково-технічна конференція “Матеріали для роботи в екстремальних умовах – 3”. – Київ. - 2010. – С. 217 - 218.
11. Котляр С.М. Вплив нікелю на структуру та механічні властивості сплаву АК5М2 // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 120/2011 Серія: Механіка, енергетика, екологія. – Севастополь. – 2011. - С. 159 - 161. **(фаховий)**
12. Доній О.М. Математичні моделі твердіння сплавів з евтектикою для розрахунків параметрів кристалізації по кривій охолодження у комп’ютерному термічному аналізі // Вісник СевНТУ. Вип. 110: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр./Редкол.: О.І.Бохонський (відп. ред.) та ін.; Севастоп. нац. техн. ун-т. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2011. – С. 126 - 131. **(фаховий)**
13. Кулініч А.А., Доній О.М., Котляр С.М. Механічні властивості ливарних сплавів системи Al-Mg після природного старіння // Наукові вісті НТУУ «КПІ». - 2010.- №2.- С. 115 - 118. **(фаховий)**
14. Доній О.М. Імітаційне моделювання гомогенної та гетерогенної кристалізації Al та сплаву Al-Si // Вісник НТУУ «КПІ» Машинобудування. – 2011. - №61.- Том 2. – С. 72 – 78. **(фаховий)**
15. Кулініч А.А., Доній О.М., Котляр С.М., Поляков І.А. Вплив домішкових та мікро легуючих компонентів на фазовий склад, структуру та механічні властивості сплаву АМГ6Л // Вісник інженерної академії України. Випуск 1. – 2011. – С. 200 – 204. **(фаховий)**
16. Доній О.М., Кулініч А.А., Морозова Г.О. Алгоритм оцінки ступеню модифікованості алюмінієвих ливарних сплавів з використанням комп’ютерного термічного аналізу // Металознавство та обробка металів. - №3 (59). – 2011. – С. 39 – 43. **(фаховий)**
17. Кулініч А.А. Вплив технологічних параметрів обробки на структуру та механічні властивості сплаву АМг6л // Вісник СевНТУ. Випуск 120. - 2011.- С. 155 – 158. **(фаховий)**
18. Кулініч А.А. Фазовий склад, структура і механічні властивості сплаву АМг6л з домішками заліза і берилію // Наукові вісті НТУУ «КПІ». - 2011. - №1. - С. 109 – 112. **(фаховий)**
19. Кулініч А. А. Вплив берилію на структуру та механічні властивості ливарного сплаву системи Al-Mg // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Машинобудування. - 2011. - №61, том 2. - С. 79 - 82. **(фаховий)**

Тези доповідей на конференції:

1. Гаврилюк В.П., Кулініч А.А., Доній О.М., В. А. Локтіонов-Ремізовський, Рябініна О.О. Технологічні властивості сплаву АМг6л з домішками кремнію//Тезиси доклада VI **Международной** специализированной выставки-конференции «Литье 2010». Запорожье. Запорожская торгово-промышленная палата - 2010 – С. 61 - 62.
2. Доній О.М., Шпак Д.Ю., Кулініч А.А. Метдика оцінки основних параметрів вимірювального каналу для комп’ютерного термічного аналізу//IX **Міжнародна** науково-технічна конференція “Приладобудування 2010: стан і перспективи” 28 – 29 квітня 2009 р. , м. Київ, Україна, збірник тез доповідей. – с. 109 – 110.
3. Доній А.Н., Котляр С.Н., Ходырева Д.Э. Оценка измерения температуры методом компьютерного термического анализа // **Международная** научно-практическая конференция «Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейной индустрии». 19 – 21 октября. Украина, Киев. – 2010. – Электронная версия.

4. Горелкин Д.Н., Доний А.Н., Котляр С.Н. Исследование влияния распределения ферромагнитных частиц в объеме жидкого расплава на свойства литого композиционного алюминиевого сплава // **Международная** научно-практическая конференция «Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейной индустрии». 19 – 21 октября. Украина, Киев. – 2010. – Электронная версия.
5. Доній О.М., Кулініч А.А., Шпак Д.Ю., Котляр С.М., Шевельова О.В. Термодинамічні особливості кристалізації при реальних умовах // Міжнародна НТК “Надежность и долговечность механизмов, элементов конструкций и биомеханических систем” // **Міжнародна** НТК “Надежность и долговечность механизмов, элементов конструкций и биомеханических систем” 8-11 вересня 2009 р., м. Севастополь, Україна. – с. 71-73.
6. Кулініч А.А., Доній О.М., Рябініна О.О., Минта О.П., Забігайло Д.І. Механічні властивості сплаву АМгбл з домішками кремнію після термічної обробки // **Міжнародна** НТК “Надежность и долговечность механизмов, элементов конструкций и биомеханических систем” 8-11 вересня 2009 р., м. Севастополь, Україна. – с. 233-234.
7. Доній О.М., Шпак Д.Ю., Кулініч А.А. Математична модель термошумового перетворювача з магнітним зв’язком для безконтактного вимірювання температури // **VIII Міжнародна** НТК “Приладобудування 2009: стан і перспективи”, 28-29 квітня 2009 р., м.Київ, Україна. Збірник тез доповідей. – с. 108-109.
8. Доній О.М., Шпак Д.Ю., Кулініч А.А. Конструкція термошумового перетворювача з магнітним зв’язком для безконтактного вимірювання температури // **VIII Міжнародна** НТК “Приладобудування 2009: стан і перспективи”, 28-29 квітня 2009 р., м.Київ, Україна. Збірник тез доповідей. – с. 109-110.
9. Доній О.М., Шпак Д.Ю., Кулініч А.А. Особливості математичної обробки кривої охолодження в системі контролю якості на основі КТА // **X Міжнародна** наук.-техн. конференція “Приладобудування 2011: стан і перспективи” 28 – 29 квітня 2011 р., м. Київ, Україна, збірник тез доповідей. – С. 133.
10. Доний А.Н., Горелкин Д.Н., Котляр С.Н. Исследование влияния распределения ферромагнитных частиц в объеме жидкого расплава на свойства литого композиционного алюминиевого сплава // **Международная** научно-практическая конференция «Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейной индустрии». 19 – 21 октября. Украина, Киев. – 2010. Електронна версія.
11. Доний А.Н., Котляр С.Н., Ходырева Д.Э. Оценка измерения температуры методом компьютерного термического анализа // **Международная** научно-практическая конференция «Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейной индустрии». 19 – 21 октября. Украина, Киев. – 2010. Електронна версія.

Навчальне видання

1. Кулініч А.А., Дудка О.І, Доній О.М., Котляр С.М. Термічна обробка кольорових металів і сплавів: метод. вказівки до викон. лабораторних робіт для студ. інженерно-фізичного факультету / Методичні вказівки. - К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 36 с.